Scientific Journal for Publishing in Health Research and Technology

Volume 2, Issue 1, 2026, Pages: 285-296

Journal homepage: https://sjphrt.com.ly/index.php/sjphrt/en/index

Chemical Fertilizers: Between Supporting Agriculture and Threatening Sustainability and Public Health in Libya and Tunisia

Rehab Mohammed Arbi Altawati [1]*, Fatma Ali Ghedad [2]

[1] Department of Plant Production Technology, High Institute of Agricultural Technology Algharan, Tripoli, Libya.

[2] Department of Veterinary Sciences, High Institute of Agricultural Technology Algharan, Tripoli, Libya

الأسمدة الكيماوية: بين دعم الزراعة وتهديد الاستدامة والصحة العامة في ليبيا وتونس

رحاب محمد عربي التواتي [1]*، فاطمة علي قداد [2]

[1] قسم تقنية الإنتاج النباتي، المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران، طرابلس، ليبيا

[2] قسم علوم البيطرة، المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران، طرابلس، ليبيا

*Corresponding author: rehabmohammedarbyaltawati@gmail.com

Received: November 10, 2025	Accepted: January 22, 2026	Published: February 18, 2026

Abstract:

This study aims to analyze the dual impact of chemical fertilizers import in Libya and Tunisia during the period 2015–2023, focusing on economic, environmental, and public health implications. The research methodology relies on fertilizer import data (value and quantity) sourced from the Food and Agriculture Organization (FAOSTAT) and economic indicators from the World Bank. Descriptive statistics and correlation analysis were employed to evaluate the relationship between import prices and agricultural Gross Domestic Product (GDP).

The results reveal sharp fluctuations in fertilizer prices, peaking in 2022, which underscores the susceptibility of both economies to global market shocks. Furthermore, the analysis indicates a strong positive correlation between fertilizer prices and agricultural GDP in Tunisia ($r = 0.854$), suggesting a degree of sectoral resilience. On the environmental and health fronts, local field studies confirmed soil contamination with heavy metals and nitrates in Libya (Ashkidah Project, Derna) and Tunisia (Siliana). Such contamination poses significant threats to soil fertility, food safety, and human and animal health. The paper recommends the adoption of sustainable agricultural policies, investment in precision agriculture and bio-fertilizers, and the implementation of stringent quality controls on imported fertilizers to mitigate environmental and health risks.

Keywords: Chemical fertilizers; Libya; Tunisia; Soil pollution; Agricultural sustainability; Animal and Human health; Economic analysis.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الأثر المزدوج لاستيراد الأسمدة الكيماوية في ليبيا وتونس خلال الفترة 2015-2023، مع التركيز على التداعيات الاقتصادية والبيئية والصحية. اعتمدت الدراسة على بيانات استيراد الأسمدة (القيمة والكمية) من منظمة الأغذية والزراعة (FAOSTAT) والبيانات الاقتصادية من البنك الدولي. تم استخدام التحليل الوصفي وتحليل الارتباط (Correlation Analysis) لتقييم العلاقة بين أسعار الاستيراد والناتج المحلي الإجمالي الزراعي. أظهرت النتائج تقلبات حادة في أسعار الأسمدة، بلغت ذروتها في عام 2022، مما يشير إلى ضعف اقتصادات البلدين أمام صدمات السوق العالمية. كما كشف التحليل عن وجود علاقة إيجابية قوية بين أسعار الأسمدة والناتج المحلي الإجمالي الزراعي في تونس (r=0.854)، مما يشير إلى مرونة القطاع. على الصعيد البيئي والصحي، أكدت الدراسات الميدانية المحلية تلوث التربة بالمعادن الثقيلة والنترات في كل من ليبيا (مشروع أشكدة، درنة) وتونس (سليانة)، مما يهدد خصوبة التربة وسلامة الغذاء وصحة الإنسان والحيوان. توصي الورقة بضرورة تبني سياسات زراعية مستدامة، والاستثمار في الزراعة الدقيقة والأسمدة الحيوية، وتشديد الرقابة على جودة الأسمدة المستوردة للحد من المخاطر البيئية والصحية.

الكلمات المفتاحية: الأسمدة الكيماوية، ليبيا، تونس، تلوث التربة، الاستدامة الزراعية الصحة العامة، تحليل اقتصادي.

1. المقدمـــــة

يُعد الأمن الغذائي العالمي أحد أبرز التحديات المحورية في القرن الحادي والعشرين، حيث تظل الأسمدة الكيماوية المدخل الأساسي لضمان مستويات الإنتاج الزراعي اللازمة لتلبية الطلب المتزايد للسكان. فمنذ الثورة الخضراء، أدى الاستخدام المكثف للأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية إلى زيادة هائلة في الغلة الزراعية، إلا أن هذا الاعتماد المفرط جلب معه تحديات اقتصادية وبيئية وصحية معقدة .(FAO, 2022) وبالنسبة لدول شمال إفريقيا، ولا سيما ليبيا وتونس، فإن الاعتماد شبه الكلي على استيراد هذه المدخلات يعرض اقتصاداتها الزراعية لتقلبات حادة في الأسعار العالمية، مما يهدد استقرار المزارعين ويضع ضغوطاً متزايدة على ميزان المدفوعات.(World Bank, 2023)

وعلى الصعيد البيئي، فإن الاستخدام غير الرشيد للأسمدة يتجاوز الفوائد الإنتاجية المرجوة ليصبح عاملاً رئيسياً في تدهور خصوبة التربة على المدى الطويل؛ حيث يؤدي إلى اختلال التوازن الغذائي، وتراكم الأملاح، وتدهور البنية الفيزيائية والكيميائية للتربة .(Central Bank of Tunisia, 2023) والأخطر من ذلك هو تسرب المغذيات الزائدة والمعادن الثقيلة، مثل الكادميوم والرصاص، إلى السلسلة الغذائية والمياه الجوفية .(UNEP, 2021) وتعتبر سلامة المنتجات الغذائية من التلوث الكيميائي بالمعادن الثقيلة قضية بالغة الأهمية، حيث أثبتت الدراسات أن تراكم الرصاص والكادميوم في المنتجات الغذائية مثل الألبان ومشتقاتها يشكل تهديداً مباشراً للصحة العامة.(Salem et al., 2025b)

إن انتقال هذه الملوثات من التربة والمياه إلى المحاصيل الزراعية والمنتجات الحيوانية يمثل مساراً خطيراً لتعرض الإنسان للسموم. فقد أظهرت الدراسات الميدانية في مدينة بني وليد بليبيا وجود مستويات متفاوتة من المعادن الثقيلة في الحليب المبستر المتاح للاستهلاك، مما يستدعي تقييماً مستمراً للمخاطر الصحية المرتبطة به .(Salem et al., 2023a) ولا يقتصر الأمر على الحليب المصنع، بل يمتد ليشمل حليب الماعز (Salem, 2023b) وحتى حليب الأطفال الرضع، حيث تم رصد تلوث بالمعادن الثقيلة في بعض تركيبات الحليب الصناعية المتوفرة في الأسواق المحلية.(Salem et al., 2025a)

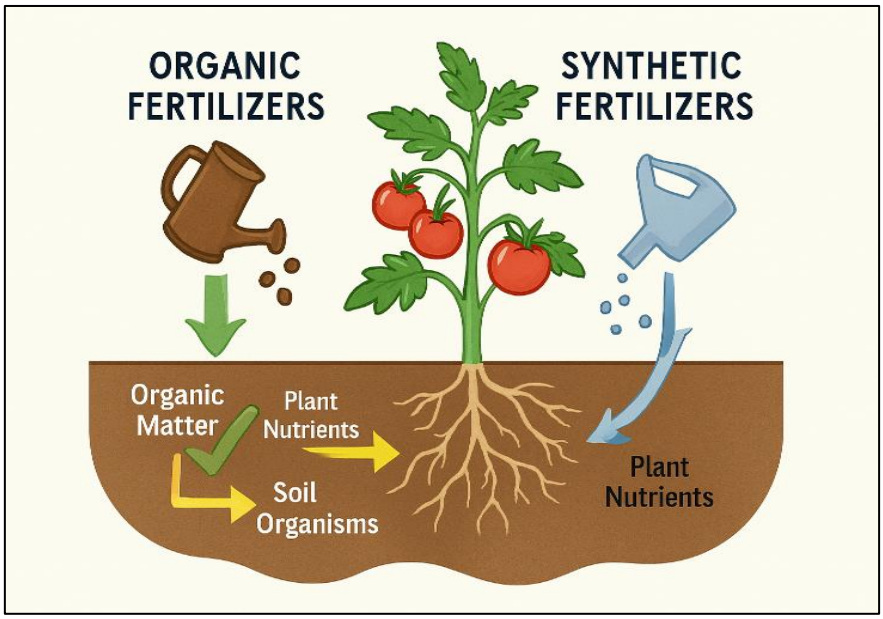
علاوة على ذلك، لا تتوقف مخاطر التلوث عند المنتجات الحيوانية، بل تشمل المحاصيل الاستراتيجية والفاكهة؛ إذ تعد ثمار نخيل التمر عرضة للتلوث بالمعادن الثقيلة، مما يؤثر على جودتها وسلامتها الاستهلاكية .(Salem & Mohamed, 2025) كما أظهرت الفحوصات المخبرية وجود بقايا لهذه المعادن في عصائر البرتقال المستهلكة في السوق الليبي .(Amheisen et al., 2025) إن هذا التلوث

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المتراكم في الأنسجة النباتية والحيوانية يرتبط بمشاكل صحية مزمنة للإنسان تشمل الفشل الكلوي، واضطرابات الجهاز العصبي، والمخاطر المسرطنة.(FAOSTAT, 2024; UNEP, 2021)
إلى جانب التأثيرات الصحية المباشرة، يؤدي تلوث البيئة الزراعية بالمواد الكيميائية والمعادن إلى إضعاف مناعة الحيوانات الزراعية، مما يجعلها أكثر عرضة للإصابة بالطفيليات، وهو ما ينعكس سلباً على إنتاجية المزارع الحيوانية واستدامتها .(Salem et al., 2025c) وبناءً على ذلك، يصبح من الضروري تبني استراتيجيات زراعية تضمن التوازن بين زيادة الإنتاج والحفاظ على السلامة الكيميائية للغذاء لحماية الإنسان والبيئة من التداعيات طويلة الأمد للملوثات المعدنية.

انواع الأسمدة الكيماوية الشائعة وأهميتها الاقتصادية والبيئية والصحية

تُعدّ الأسمدة الكيماوية من أهم المدخلات الزراعية التي أسهمت بشكل مباشر في رفع الإنتاجية الزراعية وتحسين كفاءة استخدام الأراضي الزراعية، ولا سيما في الدول النامية التي تواجه قيودًا طبيعية واقتصادية تحد من التوسع الأفقي في الزراعة. وتنقسم الأسمدة الكيماوية الشائعة إلى ثلاث مجموعات رئيسية، هي الأسمدة النيتروجينية، والفوسفاتية، والبوتاسية، إضافة إلى الأسمدة المركبة.(NPK)
تشمل الأسمدة النيتروجينية مركبات مثل اليوريا ونترات الأمونيوم، وتؤدي دورًا محوريًا في زيادة النمو الخضري للنباتات من خلال تعزيز تكوين البروتينات والكلوروفيل، مما ينعكس إيجابًا على إنتاجية المحاصيل الزراعية .(IFA, 2021) أما الأسمدة الفوسفاتية، مثل السوبر فوسفات وثنائي فوسفات الأمونيوم، فتسهم في تحسين نمو الجذور ونقل الطاقة داخل النبات، وزيادة كفاءة التزهير والإثمار (FAO, 2022).في حين تعمل الأسمدة البوتاسية، مثل كلوريد البوتاسيوم، على تنظيم الاتزان المائي داخل النبات وتعزيز مقاومته للإجهادات البيئية والأمراض، وتحسين جودة المحصول.(Marschner, 2012) .
ومنها يمكن تمثيل تأثير التسميد الكيماوي بالمقارنة بالتسميد العضوي على النبات وخواص التربة ونشاطها الميكروبي كما في الشكل الاتي:

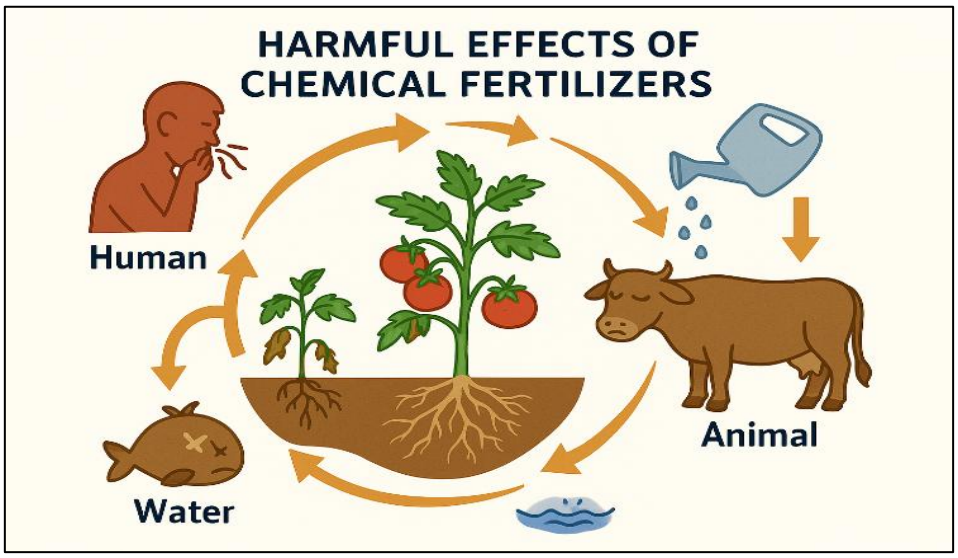


شكل (1) يوضح المقارنة بين التسميد الكيماوي والتسميد العضوي

ومن الناحية الاقتصادية، تمثل الأسمدة الكيماوية أحد أهم عناصر تكاليف الإنتاج الزراعي، حيث يؤدي ارتفاع أسعارها في الأسواق العالمية إلى زيادة تكاليف الزراعة وانخفاض هامش الربح للمزارعين، وهو ما ينعكس سلبًا على مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي، خاصة في الدول التي تعتمد على استيراد الأسمدة من الخارج مثل ليبيا وتونس. كما تؤثر تقلبات أسعار الأسمدة بشكل مباشر على قرارات المزارعين المتعلقة بمستويات التسميد ومساحات الزراعة، الأمر الذي قد يؤدي إلى تذبذب الإنتاج الزراعي وعدم استقراره(World Bank, 2023) .

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ورغم أهميتها الزراعية والاقتصادية، فإن الاستخدام المفرط وغير المنظم للأسمدة الكيماوية يسبب آثارًا بيئية وصحية سلبية، من أبرزها تلوث المياه الجوفية والسطحية بالنترات، وتراكم بعض المعادن الثقيلة في التربة، وانتقالها عبر السلسلة الغذائية إلى الإنسان والحيوان، مما يزيد من مخاطر الإصابة بالأمراض المزمنة واضطرابات النظم البيئية(WHO, 2011 ؛UNEP, 2021) كما هو موضح في الشكل التوضيحي الاتي لآثار التسميد الكيماوي على الصحة العامة والبيئة المحيطة بها:



شكل (2) يوضح الاثر السلبي لاستعمال السماد الكيماوي على الصحة العامة والبيئة

تهدف هذه الدراسة إلى سد الفجوة في الدراسات السابقة من خلال تقديم تحليل مقارن يربط بين الأثر الاقتصادي لتقلبات أسعار استيراد الأسمدة (باستخدام بيانات ليبيا وتونس خلال الفترة 2015–2023) وبين التداعيات البيئية والصحية للاستخدام المفرط لها، بما يوفر أساسًا علميًا يدعم تبني سياسات زراعية أكثر استدامة وأكثر وعيًا بالصحة العامة.

2. مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في أن الاعتماد المستمر والمتزايد لليبيا وتونس على استيراد الأسمدة الكيماوية، كما يتضح من التقلبات الكبيرة في أسعار الاستيراد والكميات المستوردة خلال الفترة 2015-2023، يضع ضغوطاً متزايدة على الميزانيات الوطنية والقطاع الزراعي. بالإضافة إلى العبء الاقتصادي، فإن الاستخدام غير المنظم لهذه الأسمدة يهدد بزيادة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة والمغذيات الزائدة، مما ينعكس سلباً على صحة الإنسان والحيوان ويقوض الاستدامة الزراعية على المدى الطويل .World Bank) (2023.

3. أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1. تحليل الاتجاهات في متوسط أسعار استيراد الأسمدة الكيماوية (بالدولار الأمريكي/كجم) في ليبيا وتونس للفترة 2015-2023.
2. تقييم الأثر الاقتصادي لتقلبات أسعار الأسمدة على ميزانيتي البلدين وقطاعاتهما الزراعية من خلال تحليل الارتباط.
3. استكشاف العلاقة بين أنماط استيراد الأسمدة والمخاطر المحتملة لتلوث التربة في كلا البلدين.
4. مناقشة الآثار الصحية والبيئية المترتبة على استخدام الأسمدة الكيماوية على صحة الإنسان والحيوان.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

4. أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الدراسة في:

- تقديم تحليل مقارن حيوي لصانعي القرار في ليبيا وتونس لتوجيه سياساتهم الزراعية نحو استراتيجيات أكثر استدامة.
- توفير بيانات كمية موثوقة (أسعار الاستيراد) يمكن استخدامها كأداة إنذار مبكر للمخاطر الاقتصادية المرتبطة بتقلبات السوق العالمية.
- تسليط الضوء على الأبعاد البيئية والصحية لاستخدام الأسمدة، مما يدعم الدعوات لتبني ممارسات زراعية صديقة للبيئة.

5. مواد وطرق البحث:

5.1. مصادر البيانات

تم الاعتماد على بيانات التجارة الدولية الرسمية من قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAOSTAT) لتغطية الفترة من 2015 إلى 2023. تم استخراج بيانات القيمة (بالدولار الأمريكي) والكمية (بالكيلوغرام) لواردات الأسمدة الكيماوية (رمز السلعة 31) لكل من ليبيا وتونس. كما تم استخدام بيانات البنك الدولي وTrading Economics لتقدير مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي (Agri-GDP %) للبلدين.

حساب متوسط سعر استيراد الأسمدة

تم حساب متوسط سعر استيراد الأسمدة الكيماوية السنوي لكل دولة باستخدام المعادلة التالية:

متوسط سعر الاستيراد (دولار/كغ) = إجمالي قيمة واردات الأسمدة (دولار أمريكي) ÷ إجمالي كمية الواردات (كغ).

$$\text{Average Import Price (USD·kg}^{-1}) = V / Q$$

حيث تمثل

V إجمالي قيمة واردات الأسمدة(USD) ،

و Q إجمالي كمية واردات الأسمدة.(kg) .

وتُستخدم هذه المعادلة على نطاق واسع في التحليلات الاقتصادية الزراعية لقياس اتجاهات أسعار المدخلات الزراعية(FAOSTAT, 2024) .

السنة	ليبيا (متوسط سعر استيراد الأسمدة (USD/kg))	تونس (متوسط سعر استيراد الأسمدة (USD/kg))	ليبيا (الناتج المحلي الإجمالي (Agri-GDP %))	تونس (الناتج المحلي الإجمالي Agri-GDP) (%))
2015	0.702	0.445	1.8	8.7
2016	0.560	0.326	1.8	8.5
2017	0.448	0.318	1.8	9.5
2018	0.624	0.374	1.8	9.1
2019	0.515	0.330	1.8	8.9
2020	0.567	0.267	1.8	8.0
2021	0.880	0.570	1.8	9.8
2022	1.056	0.773	1.8	10.7
2023	0.743	0.530	1.8	9.3

الجدول 1: متوسط سعر استيراد الأسمدة (USD/kg) ومساهمة الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي (%)

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

التحليل الإحصائي

لقياس قوة واتجاه العلاقة بين متوسط أسعار استيراد الأسمدة الكيماوية ومساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي، تم استخدام معامل ارتباط بيرسون(Pearson's Correlation Coefficient) ، وفق المعادلة التالية:

$$r = \Sigma[(Xi - \bar{X})(Yi - \bar{Y})] / \sqrt{[\Sigma(Xi - \bar{X})^2 \times \Sigma(Yi - \bar{Y})^2]}$$

حيث تمثل

Xiمتوسط سعر استيراد الأسمدة في السنةi ،

Yiنسبة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي في السنة نفسها،

$\bar{X}$ و $\bar{Y}$المتوسطين الحسابيين لكل من المتغيرين.

ويُعد هذا المعامل مناسبًا لتحليل العلاقات الخطية بين المتغيرات الاقتصادية المستمرة (Gomez & Gomez, 1984).

5.3. التحليل الإحصائي

تم استخدام تحليل الارتباط (Correlation Analysis) لقياس قوة واتجاه العلاقة الخطية بين متوسط سعر استيراد الأسمدة السنوي ونسبة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي (Agri-GDP %) لكل بلد على حدة. تم استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson's r) لتحديد هذه العلاقة.

6. النتائج

6.1. اتجاهات أسعار استيراد الأسمدة

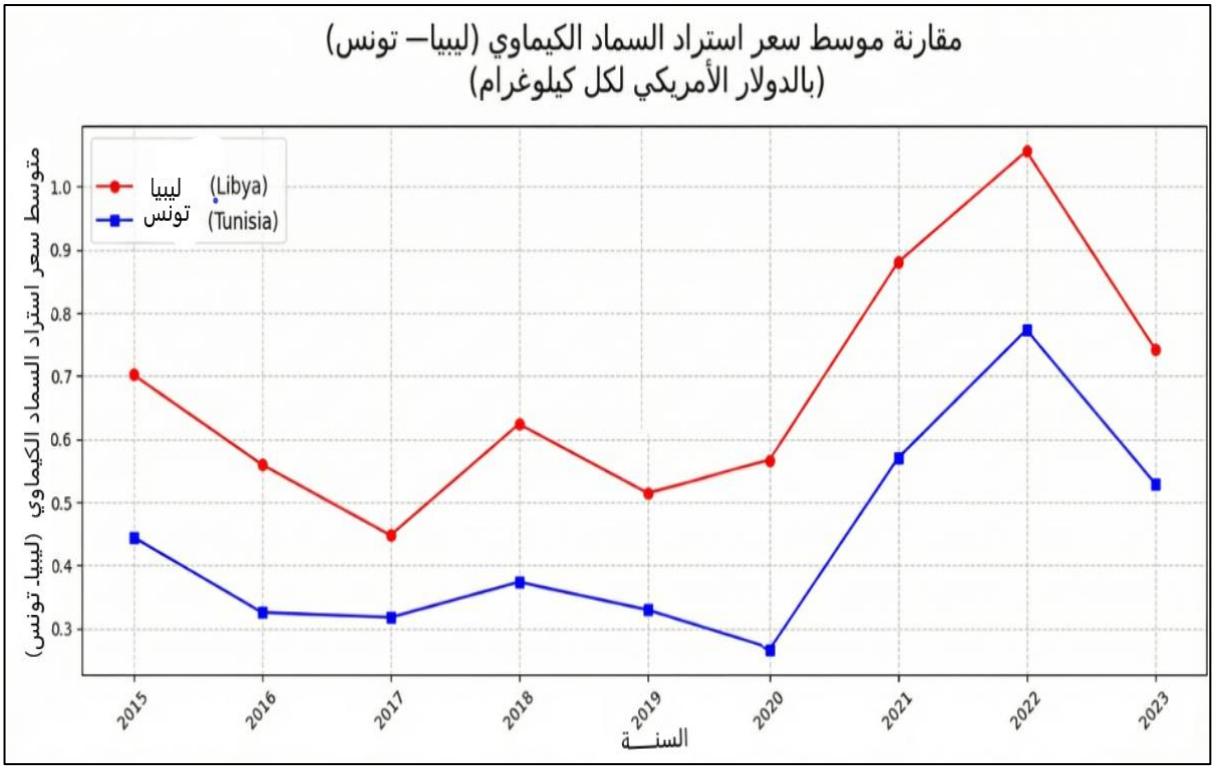
يوضح الجدول 2 اتجاهات متوسط سعر استيراد الأسمدة (USD/kg) لكلا البلدين خلال الفترة 2015-2023.

السنة	ليبيا (متوسط سعر استيراد الأسمدة ((USD/kg)	تونس (متوسط سعر استيراد الأسمدة (USD/kg)
2015	0.702	0.445
2016	0.560	0.326
2017	0.448	0.318
2018	0.624	0.374
2019	0.515	0.330
2020	0.567	0.267
2021	0.880	0.570
2022	1.056	0.773
2023	0.743	0.530

جدول (2) يوضح متوسط سعر الأسمدة الكيماوية بالدولار لكل كيلو جرام (ليبيا – تونس)

تظهر البيانات أن أسعار الاستيراد شهدت ارتفاعاً حاداً في عامي 2021 و2022، متأثرة بالاضطرابات العالمية في سلاسل الإمداد وأسعار الطاقة، حيث وصلت إلى ذروتها في عام 2022 في كلا البلدين (1.056 دولار/كجم في ليبيا و0.773 دولار/كجم في تونس). كما هو موضح في الشكل الاتي:

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



6.2. نتائج التحليل الإحصائي (الارتباط)

تم حساب معامل ارتباط بيرسون (Pearson's r) بين متوسط سعر استيراد الأسمدة السنوي ونسبة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي لكل بلد:

البلد	معامل ارتباط بيرسون (r)	تفسير العلاقة
تونس	0.854	علاقة ارتباط قوية موجبة، أي ان ارتفاع أسعار الأسمدة يرتبط بزيادة مساهمة القطاع الزراعي
ليبيا	0.00≈	لا توجد علاقة ارتباط واضحة بين أسعار الأسمدة ومساهمة القطاع الزراعي

جدول (2) يوضح نتائج حساب معامل ارتباط بين متوسط استراد الأسمدة السنوي نسبة لمساهمة القطاع الزراعي.

تشير النتيجة في تونس إلى وجود علاقة ارتباط إيجابي قوي بين ارتفاع أسعار استيراد الأسمدة وزيادة مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي. هذه النتيجة غير متوقعة نظرياً، حيث كان من المتوقع أن يؤدي ارتفاع التكاليف إلى انخفاض المساهمة. ومع ذلك، يمكن تفسيرها بأن ارتفاع الأسعار تزامن مع سنوات شهدت فيها تونس زيادة في الإنتاج الزراعي (مثل مواسم الحبوب والزيتون الجيدة) (Central Bank of Tunisia- 2023)، مما أدى إلى زيادة القيمة المضافة الإجمالية للقطاع رغم ارتفاع تكاليف المدخلات.

في المقابل، تشير النتيجة في ليبيا إلى عدم وجود ارتباط تقريباً بين أسعار الأسمدة ومساهمة الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي. هذا يعكس الهيكل الاقتصادي الليبي الذي يهيمن عليه قطاع النفط، مما يجعل مساهمة الزراعة (1.8% ثابتة تقريباً) غير حساسة لتقلبات أسعار المدخلات الزراعية.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

وهذا غالبا ما اعتمدته المؤسسات الدولية (مثل البنك الدولي) على "تقديرات ثابتة (Flat Estimates) " بناءً على آخر بيانات موثوقة، نظراً لصعوبة إجراء مسوحات ميدانية دقيقة سنوياً. لذا، قد يكون الثبات الرقمي (1.8%) ناتجاً عن غياب التحديث الدوري للبيانات الإحصائية الميدانية، وهو ما يعد بحد ذاته مؤشراً على ضعف الرقابة الإحصائية في القطاع الزراعي.

7. المناقشـــة:

7.1الأثر الاقتصادي لتقلبات الأسعار

يختلف الأثر الاقتصادي لتقلبات أسعار الأسمدة بشكل جذري بين البلدين. في ليبيا، يظل الأثر الاقتصادي الكلي محدوداً بسبب ضآلة حجم القطاع الزراعي بالنسبة للناتج المحلي الإجمالي. ومع ذلك، فإن ارتفاع الأسعار يمثل عبئاً مباشراً على المزارعين المحليين الذين يعتمدون على الدعم الحكومي أو الاستيراد الخاص.

أما في تونس، فإن العلاقة الإيجابية القوية ($r=0.854$) بين سعر الأسمدة والناتج المحلي الإجمالي الزراعي تشير إلى أن القطاع الزراعي التونسي مرن وقادر على استيعاب صدمات الأسعار العالمية، أو أن العوامل المناخية والإنتاجية (مثل الأمطار) لها تأثير أكبر بكثير على الناتج المحلي الإجمالي الزراعي من تكلفة المدخلات (FAOSTAT-2024). ومع ذلك، فإن ارتفاع تكلفة الاستيراد يمثل ضغطاً على احتياطيات العملات الأجنبية التونسية.

7.2 تلوث التربة والآثار البيئية والصحية

إن الاستخدام المكثف للأسمدة الكيماوية، خاصة في ظل غياب الرقابة الصارمة، يمثل تهديداً بيئياً وصحياً خطيراً .UNEP-2021)). ويمكن تفسيره كالاتي:

تلوث التربة: يؤدي الإفراط في استخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية إلى تراكم النترات والفوسفات في التربة والمياه الجوفية. في تونس، تبرز مشكلة التلوث بالمعادن الثقيلة (مثل الكادميوم) المرتبطة بصناعة الفوسفات المحلية، والتي قد تتسرب إلى الأسمدة المصنعة محلياً أو المستوردة (Ben Salem, Z., et al.2021) هذا التلوث يقلل من خصوبة التربة على المدى الطويل ويهدد سلامة المحاصيل. وقد أكدت دراسات محلية في ليبيا، مثل تلك التي أجريت على مشروع أشكدة الزراعي، أن تربة المشروع أصبحت ملوثة بالأسمدة الفوسفاتية، حيث ظهر أثر متبقٍ للسماد في مياه الصرف الزراعي بتركيزات تتجاوز المعايير العالمية، مما يدل على أن مشكلة التلوث بالسماد الفوسفاتي هي مشكلة قائمة وموثقة في المناطق الزراعية الليبية، (الدرازي، ز. ص. م. 2015). وفي دراسة أخرى أجريت في منطقة الفتايح بمدينة درنة الليبية، تم تقييم تلوث التربة بالمعادن الثقيلة (مثل النحاس والكروم والنيكل)، حيث أشارت النتائج إلى أن الاستخدام المفرط للأسمدة الفوسفاتية والمبيدات يساهم في إثراء التربة بالكادميوم والمعادن الأخرى (Feraj, M., & Hassan, H. 2023).

دراسة حالة تونس: أكدت دراسات ميدانية في شمال تونس (سليانة) أن توزيع النيتروجين والفوسفور في التربة يتأثر بشكل كبير بالاستخدام الموسمي للأسمدة، حيث تظهر أعلى تركيزات للنيتروجين الكلي في الطبقات السطحية خلال مواسم الشتاء (موسم تطبيق الأسمدة)، مما يشير إلى أن أنماط التسميد الحالية قد لا تكون مثالية وتؤدي إلى فقدان المغذيات وتدهور جودة التربة على المدى الطويل .Allani, M., et al (2022).

7.3. انتقال الملوثات عبر السلسلة الغذائية ومخاطرها على صحة الانسان والحيوان

تتجاوز المخاطر الناجمة عن الاستخدام المفرط للأسمدة النيتروجينية حدود تلوث المياه الجوفية لتشمل المحاصيل الزراعية الموجهة للاستهلاك البشري، مما يشكل تهديداً مباشراً للأمن الصحي (Gorenjak & Cencic, 2013). وتتجلى أبرز هذه المخاطر الصحية في ظهور "متلازمة الطفل الأزرق" (Methemoglobinemia)لدى الرضع نتيجة تلوث المياه والنظام الغذائي .(WHO, 2011) علاوة على ذلك، يمثل تراكم النترات في الخضروات الورقية المستهلكة محلياً مصدراً للقلق؛ نظراً لقدرة النترات على التحول إلى نتريت ومركبات "نيتروز" ذات الخصائص المسرطنة.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ولا تقتصر هذه التأثيرات السلبية على الإنسان فحسب، بل تمتد لتشمل الصحة الحيوانية عبر سلاسل الأعلاف الملوثة. ووفقاً لتقييمات الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية(EFSA) ، فإن زيادة مستويات النترات في الأعلاف تشكل خطراً جسيماً على المجترات، حيث يؤدي تحول النترات إلى نتريت داخل جسم الحيوان إلى تكوين "الميتهيموغلوبين(MetHb formation) "، وهو ما يعيق كفاءة نقل الأكسجين في الدم. ويترتب على ذلك مضاعفات فسيولوجية حادة تشمل الموت المفاجئ، وحالات الإجهاض، وانخفاض إنتاجية الحليب، بالإضافة إلى تداخل هذه المركبات مع عمليات تحويل الكاروتين إلى فيتامين (أ) (Rashid et al., 2019).ومن الناحية الوبائية، يمكن لهذه الملوثات النيتروجينية أن تنتقل مجدداً إلى الإنسان عبر المنتجات الحيوانية كاللحوم والألبان.(EFSA, 2020)

بالتوازي مع التلوث النيتروجيني، يبرز خطر تراكم المعادن الثقيلة (مثل الزئبق والكادميوم والرصاص) الناتج عن استخدام الأسمدة الفوسفاتية، حيث تتراكم هذه العناصر في السلسلة الغذائية مسببة اضطرابات عصبية وفشلاً كلوياً .(Gupta, 2018) وفي هذا السياق، تشير الدراسات إلى أن المدخلات الكيميائية الزراعية قد تسبب أعراضاً تسممية حادة ومزمنة، مثل الغثيان، والتهابات الرئة الناتجة عن الاستنشاق، وتلف الأنسجة بفعل التعرض المفرط لعناصر مثل الكوبالت والبورون، والتي ربطتها الأبحاث بانخفاض الخصوبة وتهيج الأغشية المخاطية.(Abate, 2023)

إن هذا المشهد المعقد من التلوث الكيميائي يستوجب دراسة التأثيرات البيولوجية الأوسع للمركبات الكيميائية والمبيدات على النظم البيئية، بما في ذلك صحة الأحياء المائية والثروة السمكية .(Salem, 2025) كما تبرز الحاجة إلى البحث عن بدائل حيوية ومواد متطورة مثل البوليمرات المضادة للميكروبات للحد من الاعتماد على المدخلات التقليدية ومكافحة المقاومة الحيوية الناتجة عن التلوث البيئي (Salem & Salem, 2025).إن الاستخدام غير الرشيد للأسمدة في إنتاج المحاصيل والأعلاف يمثل تحدياً استراتيجياً يتطلب مراجعة السياسات الزراعية لضمان استدامة الأمن الغذائي والصحة العامة في المنطقة، لاسيما في ليبيا وتونس، مع ضرورة إجراء مسوحات كيميائية حيوية (Phytochemical Profiling) لتقييم القدرات البيولوجية للنباتات في مواجهة هذه الملوثات.(Alshawish et al., 2025)

8. الاستنتاجات والتوصيات:

8.1. الاستنتاجات

خلصت الدراسة إلى أن أسعار استيراد الأسمدة في كل من ليبيا وتونس قد شهدت تذبذبات حادة، بلغت ذروتها التاريخية خلال عام .2022وكشف التحليل الاقتصادي المقارن عن تباين في استجابة القطاعين؛ حيث بدا القطاع الزراعي التونسي أكثر حساسية وتأثراً بتقلبات الأسواق العالمية، ومع ذلك، أظهر مرونة ملحوظة في الحفاظ على حصته من المساهمة في الناتج المحلي الإجمالي. وفي المقابل، اتسم القطاع الزراعي الليبي بنوع من العزلة الاقتصادية، حيث لم تنعكس تلك التقلبات السعرية بشكل جوهري على مؤشرات الناتج الكلي.

وعلى الرغم من الدور المحوري الذي تلعبه الأسمدة في النظم الزراعية المعاصرة لرفع الكفاءة الإنتاجية وضمان الأمن الغذائي، إلا أن الاعتماد المفرط وغير المنضبط عليها أفرز تحديات بيئية وصحية جسيمة وتحديات مشتركة بين البلدين؛ حيث يمتد أثرها من تدهور الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة إلى مخاطر تراكم الملوثات المعدنية والنيتروجينية في السلسلة الغذائية، مما يستوجب تبني سياسات زراعية توازن بين المتطلبات الاقتصادية والمعايير الصحية المستدامة.

8.2. التوصيات

بناءً على النتائج والمناقشات السابقة، تخلص الدراسة إلى مجموعة من التوصيات الموجهة لصناع القرار والمؤسسات ذات الصلة في ليبيا وتونس:

أولاً: الاستقرار الاقتصادي وتأمين الإمدادات

- **تنويع سلاسل التوريد :**ضرورة تبني استراتيجيات مرنة لتنويع مصادر استيراد المدخلات الزراعية، وذلك لتقليل حدة التعرض للصدمات السعرية في الأسواق العالمية وضمان استدامة الإنتاج.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- **الاستثمار في التصنيع المحلي :**
  - **تونس :**استغلال الميزة التنافسية كمنتج للفوسفات عبر الاستثمار في تقنيات "الأسمدة النظيفة" لخفض مستويات المعادن الثقيلة (الكادميوم والرصاص).
  - **ليبيا :**تفعيل القيمة المضافة لموارد الغاز الطبيعي لإنتاج الأسمدة النيتروجينية محلياً، مما يقلل فاتورة الاستيراد ويدعم الأمن الغذائي الوطني.

ثانياً: التحول نحو الزراعة المستدامة والبدائل الحيوية

- **دعم النظم العضوية :**تشجيع التحول التدريجي نحو الزراعة العضوية واستخدام الأسمدة الحيوية (Bio-fertilizers)لدورها المحوري في تحسين خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الكيماويات المستوردة.
- **كسر الركود التنموي :**تفعيل القطاع الزراعي ليكون بديلاً اقتصادياً حقيقياً، خاصة في ليبيا، لتقليل الاعتماد على الريع النفطي وتعزيز مرونة الاقتصاد الوطني أمام الأزمات الخارجية.

ثالثاً: الرقابة الصحية والبيئية الصارمة

- **برامج المراقبة الوطنية :**إنشاء مختبرات مرجعية لتطبيق برامج رقابة صارمة على جودة التربة والمياه الجوفية، مع التركيز على رصد تراكم المعادن الثقيلة والنترات في المناطق الزراعية الكثيفة.
- **معايير الاستيراد :**وضع ضوابط فنية دقيقة تحدد المستويات القصوى المسموح بها من الملوثات الكيميائية في الأسمدة والأعلاف المستوردة، لضمان سلامة السلسلة الغذائية الواصلة للإنسان والحيوان.

رابعاً: الإرشاد الزراعي ورفع الوعي المجتمعي

- **التوعية بمخاطر الإفراط :**تفعيل دور الإرشاد الزراعي في تثقيف المزارعين حول طرق التسميد الفعال (Precision Fertilization) للحد من الآثار الجانبية للتسميد الكيميائي، مثل "متلازمة الطفل الأزرق" واضطرابات الجهاز الهضمي والارتباطات المسرطنة.
- **البرامج التدريبية :**إطلاق حملات وطنية تدريبية تستهدف المزارعين لتعريفهم بآليات التكامل بين التسميد الكيميائي والعضوي، بما يضمن رفع الإنتاجية دون الإضرار بالصحة العامة أو البيئة المحلية.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

[1] الدرازي، ز. ص. م. (2015). تلوث تربة مشروع أشكدة الزراعي بالسماد الفوسفاتي (جنوب ليبيا) . *مجلة المؤتمر العلمي الثاني للعلوم البيئية*.

ثانياً: المراجع الأجنبية(English References)

[2] Allani, M., et al. (2022). Monitoring and distribution of nitrogen and phosphorus in agricultural soil in semi-arid climate (Siliana, Northern Tunisia). *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences, 12*(2), 360-370.

[3] Alshawish, F. M. B. M., Abdala, B. A. F., Arqeeq, M. I. M., & Salem, M. O. A. (2025). Phytochemical Profiling screening and Evaluation of Their Multi-target Biological Potentials of Catha edulis Ethanolic Extract. *Al-Imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS)*, 1(2), 47-53.

[4] Amheisen, A. A., Salem, M. O. A., Ali, G. M., Abdulrahim, J. A., & Momammed, S. J. S. (2025). Determination of some heavy metal content in orange juices consumed in Libya. *Al-imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS)*, 01–04.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[5] Ben Salem, Z., et al. (2021). Heavy metal contamination in agricultural soils of Tunisia: Sources, distribution, and health risk assessment. *Journal of Environmental Protection, 12*(2), 150-165.
[6] Central Bank of Tunisia. (2023). *Annual report on economic and financial developments*.
[7] EFSA CONTAM Panel. (2020). Risk assessment of nitrate and nitrite in feed. *EFSA Journal, 18*(11), 6290. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6290
[8] FAO. (2022a). *The state of food and agriculture 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
[9] FAO. (2022b). *World fertilizer trends and outlook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
[10] FAOSTAT. (2024a). *Fertilizers by product*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
[11] FAOSTAT. (2024b). *Fertilizers indicators*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
[12] Feraj, M., & Hassan, H. (2023). Assessment of soil contamination by heavy metals in the Al-Fatayeh region, Derna, Libya. *Alqalam Journal of Medical and Applied Sciences, 8*(2), 1081-1091. https://doi.org/10.54361/ajmas.258285
[13] Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & Sons.
[14] Gorenjak, A., & Cencic, A. (2013). Nitrate in vegetables and their impact on human health: A review. *Acta Alimentaria, 42*(2), 158-172.
[15] Gupta, A. K. (2018). Impact of fertilizers on human health and environment with preventive measures: A review. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research, 10*(4), 1-10.
[16] IFA. (2021). *Fertilizer outlook 2021–2025*. International Fertilizer Association.
[17] Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
[18] Rashid, G., Avais, M., Ahmad, S. S., Mushtaq, M. H., Ahmed, R., Ali, M., Naveed-ul-Haque, M., Ahmad, M., Khan, M. A., & Khan, N. U. (2019). Influence of nitrogen fertilizer on nitrate contents of plants: A prospective aspect of nitrate poisoning in dairy animals. *Pakistan Journal of Zoology, 51*(1), 249–255.
[19] Salem, I. A. S., Khalil, R. A. A., & Salem, M. O. A. (2025b). Chemical safety of dairy products: A review study on the dynamics of lead and cadmium accumulation. *Scientific Journal for Publishing in Health Research and Technology*, 1(2), 241–256. https://doi.org/10.65418/sjphrt.v1i2.47
[20] Salem, M. M. O. A., Saeed, I. A., Amheisen, A. A., Abujarida, A. R., & Moammer, E. M. E. (2023a). Health risk assessment of some heavy metals in pasteurized milk available for consumption in Bani Waleed City – Libya. *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences*, 2(4), 14–21. https://doi.org/10.65418/ajapas.v2i4.543
[21] Salem, M. O. A. (2023b). Detection of heavy metals in goat milk in Bani Waleed City-Libya. *Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology*, 5(2), 73–77. https://doi.org/10.63359/grq3pd16
[22] Salem, M. O. A. (2025). Effects of pesticides on fish health. *Journal of Sustainable Research in Applied Sciences*, 2(1), 32–37.
[23] Salem, M. O. A., & Mohamed, N. M. (2025). Heavy metal contamination in the fruit of date palm: An overview. *Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences*, 10(1), 165–179. https://doi.org/10.58916/jhas.v10i1.661

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[24] Salem, M. O. A., Alalwany, R. A. S., Bassoss, A. S. O., & Alsshabo, S. M. A. (2025c). The impact of parasites on farm animal productivity: A review. *Libyan Journal of Medical and Applied Sciences*, 3(2), 115–120. https://ljmas.com/index.php/journal/article/view/85

[25] Salem, M. O. A., Shouran, S. S. S., Massuod, H. S. A., & Salem, I. A. S. (2025a). Assessment of heavy metal contamination in baby formulas in Bani Waleed City/Libya. *Libyan Journal of Medical and Applied Sciences*, 3(2), 121–124. https://doi.org/10.64943/ljmas.v3i2.86

[26] Salem, M., & Salem, I. (2025). Antimicrobial polymers: Mechanisms of action and applications in combating antibiotic resistance. *Al-Imad Journal of Humanities and Applied Sciences (AJHAS)*, 12-15.

[27] UNEP. (2020). *Sustainable agriculture in North Africa: Policy recommendations*. United Nations Environment Programme.

[28] UNEP. (2021). *Environmental and health impacts of pesticides and fertilizers and ways of minimizing them*. United Nations Environment Programme.

[29] WHO. (2011). *Nitrate and nitrite in drinking-water*. World Health Organization.

[30] World Bank. (2023a). *Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP)*.

[31] World Bank. (2023b). *Commodity markets outlook: Fertilizers*.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **SJPHRT** and/or the editor(s). **SJPHRT** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).